



Технологии НК

Mobile Methods of Leakage Testing

N. Riess A. F. Ivankov, T. V. Singajewskaja

Review of high-usage and good proved methods of mobile leakage testing not requiring complex costly equipment and being applied even under field conditions – like bubble method, acoustic method, luminescent-color penetrant method, hydrogen and helium leak detectors.

Мобильные методы контроля герметичности

Течеискание

11

Сегодня уже ни у кого не вызывает сомнения, что развитие промышленности должно происходить не только за счет увеличения объемов выпускаемой продукции и расширения ее ассортимента. Залогом нормального функцио-

нирования промышленных предприятий в условиях рыночной экономики является обеспечение высокого качества продукции на уровне мировых стандартов. В свою очередь, условием обеспечения стабильно высокого качества является соответственно высокий уровень контроля.

Контроль герметичности (течеискание) занимает важное место в системе НК [1].

Параметр герметичности является одним из основных, когда речь идет о надежной и безопасной эксплуатации таких объектов, как хранилища и трубопроводы нефтепродуктов и газа, ядерные установки, резервуары с химическими реактивами, системы самолетов, ракет, кораблей. Кроме того, герметизируются и малогабаритные изделия массового производства, выпускаемые химической, электронной, автомобильной и другими отраслями промышленности [2]. Большое разнообразие герметизируемых объектов требует развития различных методов и аппаратуры контроля герметичности. Для их правильного выбора разработчики и потребители герметизированных изделий должны иметь четкое представление о существующем наборе методов и возможностях каждого из них.

Течеискание относится к виду НК, основанному на обнаружении пробного вещества, проникающего через течь. Методы течеискания предназначены для оценки степени негерметичности объекта контроля, а также для локализации течей как в основном материале, так и в соединениях различного типа – сварных, паяных, разъемных и т. п.

В зависимости от направления движения потока различают понятия «натекание» и «утечка», которые соответственно означают проникновение вещества внутрь либо изнутри герметизированного изделия через течи под действием перепада полного или парциального давления либо под действием капиллярных сил при использовании жидкостных методов контроля герметичности.

Наглядное представление о примерном соотношении скорости натекания, размера (диаметра) течи и фактического проявления течи дает табл. 1.

В данной статье на примере продукции, выпускаемой компанией Helling GmbH (Германия), рассматриваются часто используемые на практике и хорошо зарекомендовавшие себя простые мобильные методы течеискания, не требующие использования дорогостоящего оборудования и применимые также в полевых условиях.

Пузырьковый метод

Сущность пузырькового метода контроля герметичности заключается в регистрации локальных утечек в объекте по появлению пузырьков контрольного газа в индикаторной жидкости или на индикаторном покрытии. Метод применяется для контроля герметичности емкостей, гидравлических и газовых систем, находящихся под избыточным давлением.

Для проведения контроля способом пенопеночного индикатора на контролируемую поверхность находящегося под избыточным давлением объекта наносится специальное пенообразующее вещество. Контрольный газ, прони-

Об авторах

Сотрудники компании Helling GmbH (Германия):



Натаназель Рисс

Президент

Иванков Андрей Федорович

Технический директор



Сингаевская Татьяна Владимировна

Начальник лаборатории

кая через микродефекты поверхности, оказывает механическое воздействие на пенопеночный индикатор и деформирует его, образуя пузырьки и пенные вздутия.

Градиент давления может создаваться также с помощью вакуумного насоса. Для этого на испытываемый объект, например сварной шов, наносится пенопеночный индикатор и уста-

образовавшиеся ложные пузырьки удаляют салфеткой и вновь наносят эмульсию.

Время выявления течей величиной больше $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Па} \cdot \text{с}$ составляет 2 – 3 с, для течей порядка $10^{-7} \text{ м}^3/\text{Па} \cdot \text{с}$ необходимо в среднем 15 мин. Чувствительность способа составляет $1,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{Па} \cdot \text{с}$.

Данный способ применяется для локального контроля герметичности как

ния избыточного давления в системе. Hellophone позволяет также обнаруживать незначительные электрические разряды в дефектных контактах электроустановок.

Течеискатель Hellophone поставляется в комплекте с водонепроницаемым зондом для твердых тел, зондом корпусного звука и воздушно-ультразвуковым зондом.

Табл. 1. Соотношения скорости натекания, диаметра и фактического проявления течи

Скорость натекания, $\text{м}^3/\text{Па} \cdot \text{с}$	Размер (диаметр) течи	Фактическое проявление течи при $\Delta p = 1 \text{ бар}$
10^{+1}	1,0 мм	Истечение воды струей
10^{-1}	0,1 мм	Вытекание воды по капле
10^{-3}	0,03 мм	Водонепроницаемая / газопроницаемая течь
10^{-5}	$\approx 3 \text{ мкм}$	1 воздушный пузырек ($\approx 1 \text{ мм}^3$) за 10 с
10^{-7}	$\approx 0,1 \text{ мкм}$	Утечка газа объемом $\approx 1 \text{ см}^3$ за 12 дней
10^{-9}		Утечка газа объемом $\approx 3 \text{ см}^3$ за 1 год
10^{-11}		Утечка газа объемом $\approx 1 \text{ см}^3$ за 300 лет

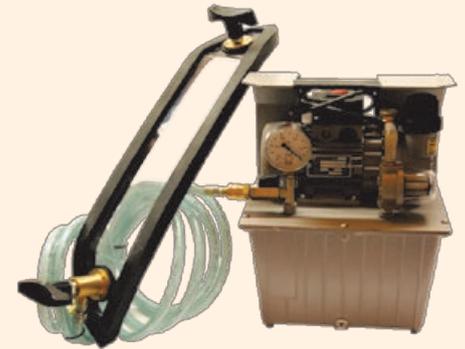


Рис. 1. Вакуумный насос с рамкой

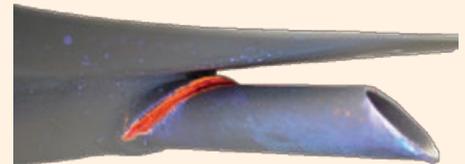


Рис. 4. Индикация утечки с помощью капиллярного контроля



Рис. 2. Аэрозольный пенопеночный индикатор Proof Check, пример регистрации утечки

навливается **вакуумная рамка**, которая затем вакуумируется с помощью механического насоса. Рамка представляет собой жесткий каркас с уплотнителем из мягкой резины и прозрачной верхней крышкой. После создания перепада давления на контролируемом участке воздух, проникающий через течи в камеру рамки, образует пузырьки в пенопеночном индикаторе.

Для этих целей компания Helling предлагает вакуумный насос EV 20 в комплекте с вакуумными рамками различной конфигурации (рис. 1).

Аэрозольный пенопеночный индикатор Proof Check представляет собой эмульсию, содержащую поверхностно-активные вещества, пленкообразующие и влагоудерживающие компоненты и отличается низким поверхностным натяжением, высокой пенообразующей способностью и устойчивостью к сползанию (рис. 2). Для обеспечения работы при низких температурах (до $-15 \text{ }^\circ\text{C}$) разработан пенопеночный индикатор Proof Check Plus.

Индикатор наносят на контролируемую поверхность тонким ровным слоем,



Рис. 3. Акустический течеискатель Hellophone

сплошного материала, так и сварных швов и соединений.

Акустический метод

Благодаря своей простоте и надежности, а также возможности осуществлять диагностику бесконтактным способом акустические методы являются очень востребованными.

Принцип акустического течеискания основывается на эффекте формирования звуковых и ультразвуковых колебаний при выходе струи жидкости или газа из отверстия (трещины, щели). Другими словами, при утечке жидкостей или газов возникают акустические колебания от трения струи о кромку дефекта или соударения с внешней средой, которые могут быть зафиксированы с помощью ультразвуковых или виброакустических микрофонов, преобразующих акустические колебания в электрический сигнал.

Течеискатель Hellophone (рис. 3) регистрирует колебания в ультразвуковом диапазоне. Преобразованный сигнал затем прослушивается с помощью наушников и выводится на дисплей прибора. Течеискатель предназначен для обнаружения утечек сжатого газа и жидкостей, в том числе вязких. При использовании ультразвукового генератора возможно осуществлять контроль герметичности уплотнений и сварных швов без созда-

Чувствительность данного метода составляет около $7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Па} \cdot \text{с}$.

Акустические методы течеискания широко применяются при контроле герметичности трубопроводов, резервуаров, систем сжатого воздуха и вакуумных систем, запорной арматуры, сварных швов, разъемных соединений.

Жидкостные методы контроля герметичности

Жидкостные методы контроля заключаются в регистрации контраста следов контрольной жидкости, образуемых в местах течи, на фоне поверхности контролируемого объекта. Для этого объект испытаний заполняется контрольной жидкостью, либо она наносится с обратной стороны стенки (шва, соединения) проверяемого объекта.

Капиллярный способ является одним из способов яркостного (ахроматического) метода. Он основан на способности контрольной жидкости (**пенетранта**) проникать в мелкие сквозные дефекты за счет капиллярного эффекта. При испытаниях на герметичность пенетрант наносят с одной стороны проверяемого объекта, а затем с другой стороны обрабатывают поверхность с помощью специального проявителя. При наличии сквозных дефектов на контролируемой поверхности

на фоне белого проявителя образуются контрастные красные либо флуоресцирующие следы пенетранта (рис. 4).

Компания Helling GmbH выпускает высококачественные цветные и флуоресцентные диагностирующие системы (пенетрант, проявитель, очиститель), применяемые для капиллярного способа контроля герметичности (рис. 5). Пенетранты обладают высокой чувствительностью.



Рис. 5. Комплект капиллярного контроля герметичности Nord-Test



Рис. 6. Регистрация утечки в системе охлаждения с помощью флуоресцентного водорастворимого концентрата

Их высокая проникающая способность обусловлена низкой вязкостью и малым коэффициентом поверхностного натяжения. Проявители, представляющие собой мелкозернистый (около 2 мкм) белый порошок на спиртовой основе, образуют на контролируемой поверхности тонкий гомогенный слой и обеспечивают хорошую индикацию мельчайших течей. Для индикации следов утечек с использованием флуоресцентных пенетрантов используются ультрафиолетовые источники излучения.

Чувствительность данного способа зависит от времени выдержки и типа контрольной жидкости и при условии применения диагностирующих систем Helling может составлять $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$.

Другим способом обнаружения течей в объектах контроля является **способ опрессовки с использованием флуоресцентных водорастворимых или жирорастворимых концентратов** (рис. 6). При данном способе испытываемый объект заполняют технологической жидкостью с добавлением в нее флуоресцентного концентрата, представляющего собой смесь люминофоров, поверхностно-

активных веществ и ингибитора коррозии. Затем происходит опрессовка объекта, выдержка под давлением в течение определенного времени и контроль состояния поверхности объекта под ультрафиолетовым излучением.

Этот способ широко используется для контроля гидравлических систем, двигателей, а также при производстве котлов и резервуаров.



Рис. 7. Проверка на герметичность с помощью водородного течеискателя

Чувствительность способа составляет примерно $10^{-5} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$.

Щуповые течеискатели

Водородные течеискатели

В настоящее время для решения задач контроля герметичности водородные течеискатели приняты в качестве промышленного стандарта. В качестве индикаторного газа используется смесь азота (95 %) и водорода (5 %). Эта смесь не является воспламеняющейся (ISO 10156), она не ядовита, не вызывает коррозии и существенно дешевле гелия.

В основу данного типа течеискателей положен принцип каталитически селективного определения водорода специальным полупроводниковым детектором.

Водородные течеискатели могут использоваться как для определения течей в малых объектах, как, например затворы, уплотнения и вентили, так и для контроля герметичности больших объектов – топливных резервуаров, теплообменников и двигателей. Чувствительность способа составляет около $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$.

Приборы очень удобны и просты в обращении. С помощью щупа оператор может быстро и надежно определить место течи (рис. 7).

Гелиевые течеискатели

Щуповые гелиевые течеискатели предназначены для локализации течей в объектах, находящихся под избыточным давлением и содержащих в наполнении гелий. Щуп представляет собой всасывающее устройство с определенной пропускающей способностью, обеспечивающее прохождение оптимального для испытаний потока газа.

В основу течеискателя PDH-4 (рис. 8) положен так называемый детектор на осно-

ве ион-селективного насоса («Selective Ion Pump Detector» – SIPD). Его принцип работы основан на проницаемости для гелия нагретой до определенной температуры специальной кварцевой мембраны, которая проницаема только для молекул гелия и не проницаема для остальных газов. Гелий, проходящий через мембрану, ионизируется в электронно-ионизационном преобразователе. Величина ионного



Рис. 8. Гелиевый течеискатель PDH-4

тока, образованного ионизацией гелия, пропорциональна содержанию гелия. Течеискатели этого типа обладают высокой чувствительностью ($5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$) и селективностью, при этом они удобны и просты в обращении.

Итак, сегодня в распоряжении дефектоскопистов имеется широкий набор средств контроля герметичности. Задачей дефектоскописта в каждом конкретном случае является выбор оптимальных методов и средств контроля в соответствии с нормой герметичности с учетом чувствительности, надежности, производительности.

Литература

1. Евлампиев А. И., Попов Е. Д., Сажин С. Г. и др. Контроль герметичности. В кн.: Неразрушающий контроль / Справочник // Под ред. В. В. Клюева. Т. 2. Кн. 1. – М.: Машиностроение, 2003, с. 1–339.
2. McMaster R. C. Nondestructive testing handbook. V. 1: Leak testing / 2nd ed. – Metals Parks: American Society for Metals, 1982. – 856 p.

Статья получена 4 июня 2009 г.

В МИРЕ НК
Ежеквартальное журнальное обозрение

Подписка на журнал «В мире неразрушающего контроля» на 2010 год:

- через редакцию журнала (с любого номера в любые сроки);
- по каталогу Агентства «Роспечать» («ПОДПИСКА-2010, первое полугодие», индекс 29976);
- по Объединенному каталогу «Пресса России» («ПОДПИСКА-2010, первое полугодие», индекс 42304)

По всем вопросам обращайтесь, пожалуйста, в редакцию.
Тел. (812) 534 0543,
факс (812) 534 0194,
e-mail: lh@ndtworld.com